

巨大地震発生に備える災害廃棄物処理計画の策定手法と適用事例

眞鍋 和俊*・佐々木 知子**・岩下 信一*

A methodology for making a disaster waste disposal plan and its application in preparations for major earthquakes

Kazutoshi Manabe*, Tomoko Sasaki** and Shinichi Iwashita*

Abstract

The Great East Japan Earthquake has reminded people of the importance of quickly disposing of disaster waste for the speedy reconstruction of affected areas. In order to increase the resilience of the waste disposal system and to improve disaster countermeasures, the Ministry of the Environment has suggested that, in the future, the waste disposal system should have complementary and multi-level features by maintaining a level of capacity with some room for additional incineration plants and final disposal sites for each region. In addition, the Ministry is revising the master plan for disaster waste disposal.

We have been proposing “making a disaster waste disposal plan” to achieve quick reconstruction and restoration by smoothly disposing of disaster waste generated from the disasters expected in the future, applying the experience on making a disaster waste disposal plan in the Great East Japan Earthquake.

The author got an opportunity to “make a disaster waste disposal plan” by a municipality having the pressing need of “establishing the regime of disaster waste disposal in major earthquake.” The disposal plan for the municipality was based on experience gained from the Great East Japan Earthquake. According to the plan, the municipality can dispose of all waste internally without relying on regional disposal capacity by increasing the recycling rate—which is achieved through separating waste while demolishing buildings or improving the method used to separate waste—and by building more landfills before they would otherwise be needed and utilizing temporary incinerators.

In this paper, taking it into consideration that concrete and practical examples of making a disaster waste disposal plan are few, a methodology for making a disaster waste disposal plan and an example the methodology was applied on are described.

Keywords: major earthquake, disaster waste, The Great East Japan Earthquake

(要 旨)

東日本大震災以降、被災地域の迅速な復興のためには、災害廃棄物の処理を早急に行なうことが重要であると再認識された。環境省からは、廃棄物処理システムの方向性として、廃棄物処理システムの強靱化と災害対策の強化として、広域圏ごとに一定程度の余裕を持った焼却施設及び最終処分場の能力の維持による、代替性及び多重性の確保が示され、さらに、災害廃棄物処理指針の改定が行われている。

筆者らは、東日本大震災での災害廃棄物処理計画策定の経験を活かし、今後想定される災害によって発生する災害廃棄物を円滑に処理し、速やかな復興復旧を実行するため、「災害廃棄物等処理計画の策定」を提案している。

今回、「大規模震災発生時のガレキ等処理体制構築」を急務とした自治体より、災害廃棄物処理計画の策定を

* 応用地質(株)震災復興本部 ** 応用地質(株)北海道支店

* OYO Corporation Earthquake Disaster Prevention Division ** OYO Corporation Hokkaido Branch

行う機会を得た。本自治体における計画では、東日本大震災での経験を活かし、分別解体、選別方法を工夫することで、リサイクル率の向上を図り、最終処分場の早期増設及び仮設焼却炉の設置により、広域処理を行わずに計画地域内処理のみで対応が可能な計画を策定した。本実績により、災害廃棄物処理計画の策定手法が確立されたといえる。

本論文では、災害廃棄物の組成を考慮した処理処分先までを選定する、具体的で実効性を有する災害廃棄物処理計画策定の事例が少ないことを鑑み、災害廃棄物処理計画策定についての手法紹介と適用事例を交えた構成とし論述する。

キーワード：巨大地震、災害廃棄物、東日本大震災

1. まえがき

災害廃棄物の処理は、速やかな復旧・復興を可能とするために、慣例的に3年間で処理することが目標とされている。災害廃棄物は、発生量が膨大であり、潜在廃棄物が瞬時に排出されることや、自然災害の種類によって災害廃棄物の性状が大きく異なること、さらに、発生時期の予測が困難であることから、事前の対策としては既往施設の余力確保、耐震性強化等、強靱化対策に限られており、予め災害廃棄物専用の施設を設置することは困難である。そのため、現状では国の補助金の対象となる3年間の間に処理を終了させるため、発災後、仮設焼却炉の建設、広域処理の推進等様々な施策を講じる必要がある。

阪神淡路大震災においては、近畿圏の関係府県及び市町村の連携によりフェニックス処分地等の大規模な海面埋立地が確保されたことで、比較的円滑な処理が実行された。一方、東日本大震災においては、津波により破壊された家々や家財道具等と津波堆積物が混在した状態となったため、不燃物量が増大し、最終処分場等の災害廃棄物処理処分先の確保が困難な状況となった。この状況を打破するため、災害廃棄物の破砕・選別精度を高めることで復興資材としての利用をはかっている。しかし、復興資材の需給量のバランス、利用する時期、要求品質等を合わせる事が難しく、場合によっては長期保管を強いられることなどから、処理が加速しない状況にあった。

以上の経験から、筆者らは今後発生するとされている巨大地震に備え、事前に災害廃棄物処理計画策定を行い、不足する処理処分先については、具体的な対策を講じる必要があるとの認識に至った。

具体的とは、地域防災計画で想定されている災害廃棄物量をもとに、組成別の災害廃棄物量を算定し、仮置場の設定や処理処分先を想定したり、不足する施設を広域で補うことや新規施設の計画立案等を実施することである。この手法は、災害廃棄物処理の観点から防災、減災事業計画の一端を担う新たなアプローチをはかるものである。

本稿では、筆者らが東日本大震災での経験を踏まえて考案した災害廃棄物処理計画策定の方法ならびに、災害廃棄物の流れを紹介するとともに、本手法を自治

体に適用した事例について報告する。

2. 災害廃棄物処理計画の策定手法及び処理の流れ

2.1 計画策定の流れ

筆者らが提案する災害廃棄物処理計画策定の流れを図-1に示す。

災害廃棄物の処理計画では、まず、被害想定結果をもとに被害家屋の構造（RC構造、S造、木造等）、被

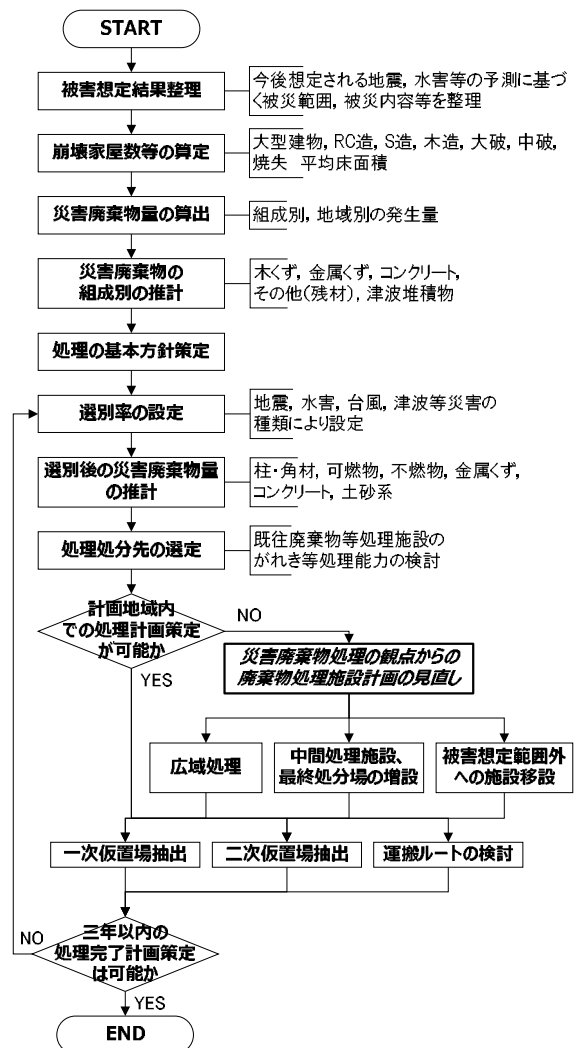


図-1 災害廃棄物処理計画策定の流れ

Fig. 1 Planning process for a disaster waste disposal plan

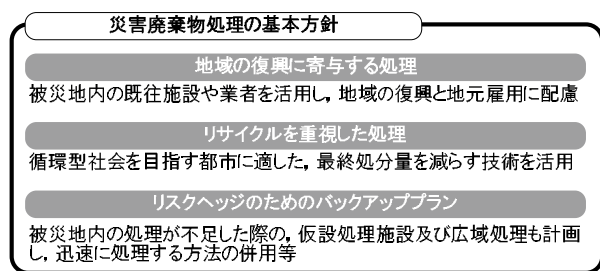


図-2 災害廃棄物処理の基本方針 (例)
Fig. 2 Example of general policy for disaster waste disposal

災形態（全壊、半崩壊、焼失等）を整理し、災害廃棄物の発生量を算定する。その結果をもとに、災害廃棄物の処理の観点からみた、災害廃棄物組成別の推計量に換算する。

次に、処理の基本方針を定める（図-2参照）。方針の留意点としては、迅速な処理に徹することはもちろんではあるが、既往施設、企業を活用し、地域の復興と雇用等に寄与することや、最終処分場の利用を最小限とし、リサイクルを重視した処理とすることも必要である。また、処理の遅れを回復するためのバックアッププランの構築も忘れてはならない。

被害想定で求めた、崩壊家屋数から求まる災害廃棄物量を、災害廃棄物の発生状態（津波が伴う災害であれば土砂等と混合した状態を考慮したもの）での推計量に換算し、それらを解体・撤去、粗選別及び破碎・選別により、回収可能な資源化物と廃棄物の割合（ここでは、選別率という）を設定した上で、破碎・選別後の組成別の推計量を算出する。

最後にこれらの量をもとに、仮置場、運搬ルート、処理処分先を検討し、現時点で不足する施設等について問題点を抽出し、対策案を検討する。

災害廃棄物の処理期間は、過去の事例から、生活環境保全上の支障を速やかに除去することと、速やかな復興復旧を可能にするために、概ね3年間で、国の補助金を用い災害廃棄物を処理処分することとなる。

検討の結果3年以内の処理が不可能と判断された場合は、選別率の見直しを行い、被災地域内での処理を前提に計画を見直すこととなるが、それでも処理ができない場合は、自治体との協議を踏まえた広域処理の構築、焼却施設を主体とした、中間処理施設及び最終処分場の増設や中間処理施設の耐震強化、移設等による機能強化を計画することとなる。

2.2 災害廃棄物処理について
2.2.1 災害廃棄物処理の流れ

図-3に東日本大震災の経験をもとに整理した、災害廃棄物処理の流れを示す。

災害廃棄物は、処理処分先の要求品質に合わせて破碎・選別され、運搬されるが、一旦すべて1次仮置場に搬入される。1次仮置場では、重機を用いて粗選別を行う。ここでは、金属くずや柱材・角材等の一部は

直接リサイクル業者に引取られる。残りの混合状態にある廃棄物は、2次仮置場に搬入される。

2次仮置場では、ベルトコンベヤーや破碎選別プラントを設置し、利用用途、処理処分先等の要求品質に合わせた破碎選別が行われる。破碎選別が行われた災害廃棄物は、最終的には、再資源化施設、焼却施設及び最終処分場でリサイクルもしくは処理処分されることとなる。

2.2.2 1次仮置場の役割と処理手順

1次仮置場は、被災現場の災害廃棄物を速やかに撤去するために設けるものであり、2次選別の前処理として、重機及び手選別により、柱材・角材、コンクリートから金属くず及びその他危険物等を抜き出し、作業効率の向上を図る役割も有する。特に、大型のコンクリート、金属及び危険物は、2次仮置場において、ベルトコンベヤーで運ばれる時や選別機に投入される時、設備に重大な損傷を生じる可能性があるため、この段階で選別する必要がある。1次仮置場における基本的な選別の施工手順例を図-4に示す。マテリアルリサイクル可能な、柱材・角材、金属くずやその他危険物等は、指定の専門業者に引渡し処理される。

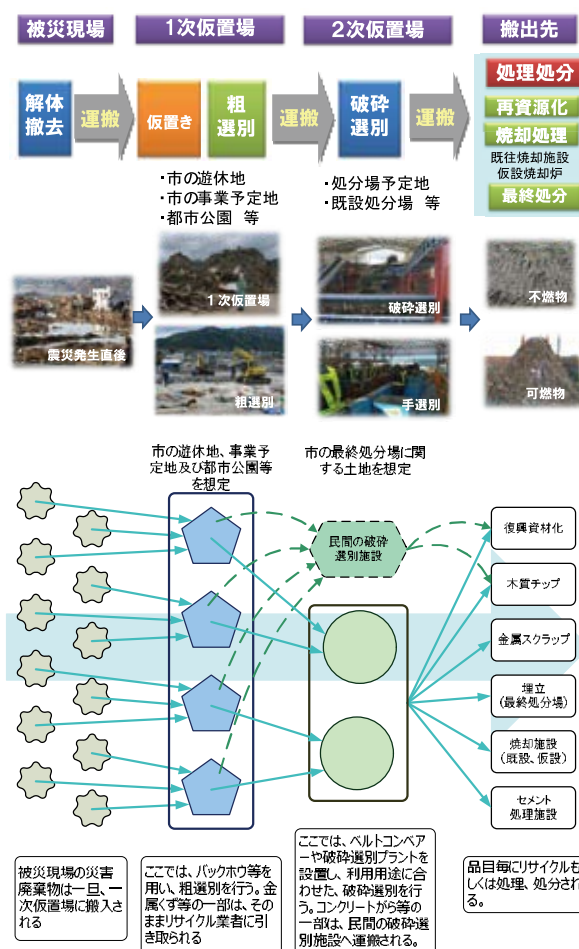


図-3 災害廃棄物処理の流れ
Fig. 3 Procedure for disaster waste disposal



図-4 1次選別（粗選別）の手順例
Fig. 4 Example procedures for primary separation (Rough separation)

2.2.3 2次仮置場の役割と処理手順

2次仮置場には、処理処分先の品質に合せた破碎・選別、処理前後の廃棄物の保管機能が求められるため、1次仮置場よりも広大な面積を必要とする。

2次仮置場における破碎・選別施設の構成は、柱材・角材、可燃系混合物及び不燃系混合物の3ラインを基本とする。大型のふるい、破碎機と手選別の組合せとなるが、発災後の各地区ジョイントベンチャー企業の技術提案により、災害廃棄物の質や量の変動に対応できるフレキシブルな設備とするケースが多い。図-5に可燃系混合物の施工手順例を示す。

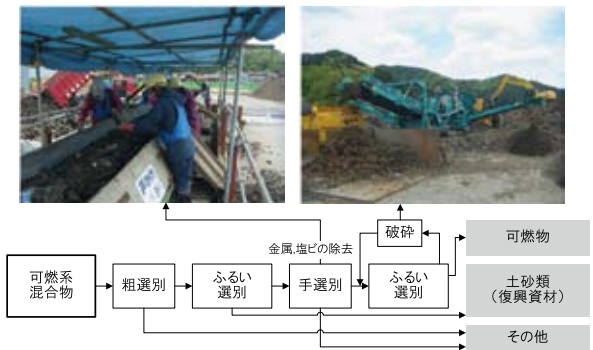


図-5 2次選別の手順例（可燃系混合物）
Fig. 5 Example procedures for separation at secondary temporary waste storage sites

3. 災害廃棄物処理計画の策定

本章では、前章で提案したフローに従って、実際に自治体における災害廃棄物処理計画を策定した事例を報告する。

3.1 計画策定の基本条件

災害廃棄物処理計画策定のための基本条件は、表-1のとおりとした。想定する地震は、地域防災計画で想定される地震の中で最も被害が大きいとされる「X断層を震源とする地震」とした。

災害廃棄物の発生量は、上記地震により発生する災害廃棄物量全量を処理対象量とし705万tである（地

域防災計画での想定値）。処理の期間は過去の事例から3年間とし、計画地域内の処理施設、処理業者を最大限活用することとし、現時点では広域処理は考慮しないことを基本に計画を立案した。

表-1 基本条件
Table 1 Basal condition for examination

条件	内容
想定する地震	地域防災計画で想定されているX断層による地震(冬季)
災害廃棄物発生量	705万トン
処理期間	3年
処理の基本方針	・計画地域内での処理が原則 ・計画地域内処理業者を最大限活用 ・リサイクルを重視し、最終処分を最小化

3.2 災害廃棄物発生量の算出

3.2.1 災害廃棄物量の組成別推計量

地域防災計画では、構造別に大破、中破の分類及び焼失で発生する量が想定されている（表-2）。

災害廃棄物の処理方法は、その組成によって異なるため、災害廃棄物処理計画を策定する場合は、組成別の廃棄物量を設定する必要がある。

そこで、本処理計画では、表-3に示す家屋構造別の組成比率^{1)・2)}を用いて組成別の災害廃棄物量を算定することとした。

災害廃棄物の処理においては、コンクリート、木くず、金属くず、その他（残材）（その他（残材）とは、建築資材等の不燃物が主体の廃棄物）及び津波堆積物の5品目に分類すればよいが、今回の被害想定では、直下型地震を想定しているため、津波堆積物の量は算定しなかった。組成別の算定結果は、表-4に示すとおりであり、コンクリートくずが422万トンと全体の60%を占めた。次いで、木くず134万トン（19%）、その他（残材）126万トン（18%）、金属くず24万トン（3%）となった。

表-2 災害廃棄物量（地域防災計画における想定量）

Table 2 Amount of disaster waste estimated based on damage expectation

分類	単位:千t			
	大破 ^{注)}	中破 ^{注)}	計	
木造	998.9	1,377.1	2,376.0	
倒壊 非木造	RC造	480.1	1,177.4	1,657.5
	S造	238.8	363.6	602.4
	軽量S造	198.0	230.2	428.2
	計	1,915.8	3,148.3	5,064.1
焼失			42.6	
公物(全量の38%)			1,940.6	
合計			7,047.3	

注)「大破」:柱・耐力壁が大破壊して建物全体または一部が崩壊に至った状態をいう。「中破」:柱や耐力壁にせん断ひび割れがみられる状態をいう。木造建物での全壊・半壊と非木造建物の大破・中破は、定義が異なるが概ね同種の被害程度と考える。

表-3 家屋構造別の組成比率
Table 3 Composition by type of house structure

建築物	分類	コンクリート	木くず	金属くず	その他(残材)	合計	出典	
出典値								
木造	発生原単位 (t/m ²)	0.2	0.19	0.22		0.61	住宅産業解体処理業連絡協議会	
	比率	32.8%	31.1%	36.1%		100.0%		
	発生原単位 (t/m ²)	0.16	0.08	0.01	0.16	0.41	住宅産業解体処理業連絡協議会による	
	比率	39.0%	19.5%	2.4%	39.0%	100.0%		
				41.5%				
				5.9%	94.1%			
採用値								
	比率	35.9%	25.3%	38.8%	2.3%	36.5%	100.0% 平均値	
出典値								
RC造 鉄筋構造	発生原単位 (t/m ²)	0.22	0.15	0.01	0.23	0.6	千葉県	
	比率	93.8%	2.1%	4.1%	0.0%	100.0%	上記割合より算定	
	発生原単位 (t/m ²)	0.91	0.02	0.04	0	0.97	千葉県	
	比率	93.8%	2.1%	4.1%	0.0%	100.0%	上記割合より算定	
	採用値							
		比率	93.8%	2.1%	4.1%	0.0%	100.0%	上記割合より算定
出典値								
S造 軽量S造 鉄骨構造	発生原単位 (t/m ²)	0.39	0.2	0.03	0	0.62	千葉県	
	比率	62.9%	32.3%	4.8%	0.0%	100.0%	上記割合より算定	
	発生原単位 (t/m ²)	0.94	0.02	0.04		1	上記割合より算定	
	比率	62.9%	32.3%	4.8%	0.0%	100.0%	上記割合より算定	
	採用値							
		比率	62.9%	32.3%	4.8%	0.0%	100.0%	上記割合より算定

□:本検討における採用値

表-4 組成別の災害廃棄物量(選別前)
Table 4 Amount of disaster waste by component

分類		発生量	コンクリート	木くず	金属くず	その他(残材)	単位:千t	
倒壊	木造	大破	998.9	358.6	252.7	23.0	364.6	
		中破	1,377.1	494.5	348.5	31.6	502.5	
	RC造	大破	480.1	450.6	9.8	19.7	0.0	
		中破	1,177.4	1,104.8	24.2	48.4	0.0	
	S造	大破	238.8	150.2	77.1	11.5	0.0	
		中破	363.6	228.9	117.1	17.6	0.0	
	軽量S造	大破	198.0	124.6	63.8	9.6	0.0	
		中破	230.2	144.8	74.4	11.0	0.0	
	小計		大破	1,915.8	1,084.0	403.4	63.8	364.6
			中破	3,148.3	1,973.0	564.2	108.6	502.5
	焼失(冬18時)		42.6	0.0	0.0	0.0	42.6	
	公物(全量×38%)		1,940.6	1,161.4	367.9	65.7	345.6	
合計		7,047.3	4,218.4	1,335.5	238.1	1,255.3		
比率		100%	60%	19%	3%	18%		

角材であれば、木質ボードとしてマテリアルリサイクル、バイオマス燃料としてサーマルリサイクルの原料となるが、粉々となったり、その他(残材)等と混ざった状態であれば、廃棄物として焼却処理もしくは埋立処分を行なう必要がある。

表-5に東日本大震災の経験から求めた選別率を示す。

コンクリート及び金属くずについては、東日本大震災においてもそのほとんどがリサイクル(金属スクラップ)もしくは復興資材と活用されており、コンクリートが80%、金属くず95%の回収率である。

次に、木くずは、選別後サーマル、マテリアルリサイクル可能なものが30%、可燃物として焼却処理されるものが60%、不燃物等に混入し、埋立処分されるものが35%となっている。

また、その他(残材)については、全量を不燃物としての処理(埋立処分)としているが、実際には、一部土砂と混ざり、復興資材化されている。

一定の品質を確保したりリサイクル材や復興資材を生産することで、最終処分量を大幅に削減できるため、選別率は重要な検討項目である。

本処理計画では、表-5の平均選別率を用いて、破碎・選別後の災害廃棄物量を算定した(表-6)。これらの組成の災害廃棄物を再資源化、処理・処分する計画を立案することとなる。

表-5 資源化物の回収率(選別率)
Table 5 Recovery rate of recyclables — Separation rate —

		回収率(=選別率)						
		状態	コンクリート	柱材・角材	可燃物	金属くず	不燃物	合計
選別前の災害廃棄物の組成	コンクリート	大破	70	0	0	0	30	100
		中破	90	0	0	0	10	100
		平均	80	0	0	0	20	100
	木くず	大破	0	20	65	0	15	100
		中破	0	40	55	0	5	100
		平均	0	30	60	0	10	100
	金属くず	大破	0	0	0	90	10	100
		中破	0	0	0	100	0	100
		平均	0	0	0	95	5	100
	その他(残材)	大破	0	0	0	0	100	100
		中破	0	0	0	0	100	100
		平均	0	0	0	0	100	100

3.2.2 選別率の設定と選別後の廃棄物の算定

つづいて、災害廃棄物の資源化に向けた検討を行った。

被災状況(大破・中破)により災害廃棄物の資源化率、すなわち選別率が異なる。

例えば、コンクリートをRC材として利用するには、鉄筋と分別し、一定の粒径に破碎する必要があるが、粉々になったものは、再利用できず、埋立処分することとなる。木くずについても同様であり、柱材・

表-6 破碎・選別後の災害廃棄物の内訳

Table 6 Composition of disaster the waste by the state after crushing and separation

種類	推計量(千t)	割合
コンクリート	3,497.2	50%
柱材・角材	422.9	6%
金属くず	229.3	3%
不燃物	2,107.7	30%
可燃物	790.2	11%
合計	7,047.3	100%

3.3 災害廃棄物処理施設の選定

災害廃棄物の破碎選別は、処理処分先の受入れ品質に合わせて行うこととなる。また、運搬効率の向上のため、処理処分先の立地場所により、仮置場を選定することから、事前にリサイクル施設、中間処理施設及び最終処分場等の廃棄物処理施設の能力を把握する必要がある。

本処理計画では、既往の公共及び民間の処理施設の稼働状況より、年間処理能力を求め、災害廃棄物の処理期間2.5年を乗ずることにより廃棄物処理施設の能力を算出した。災害廃棄物の処理期間は最大3年間であるが、既往施設の機能回復及び契約等の手続きで最少6ヶ月は要するため、処理期間を2.5年とした。

本処理計画では、表-6で示した破碎・選別後の災害廃棄物量に対し、これらの施設を最大限活用し、それでも処理できないものを仮設焼却炉もしくは広域処理で補うこととし廃棄物の収支計算を行った(図-6)。

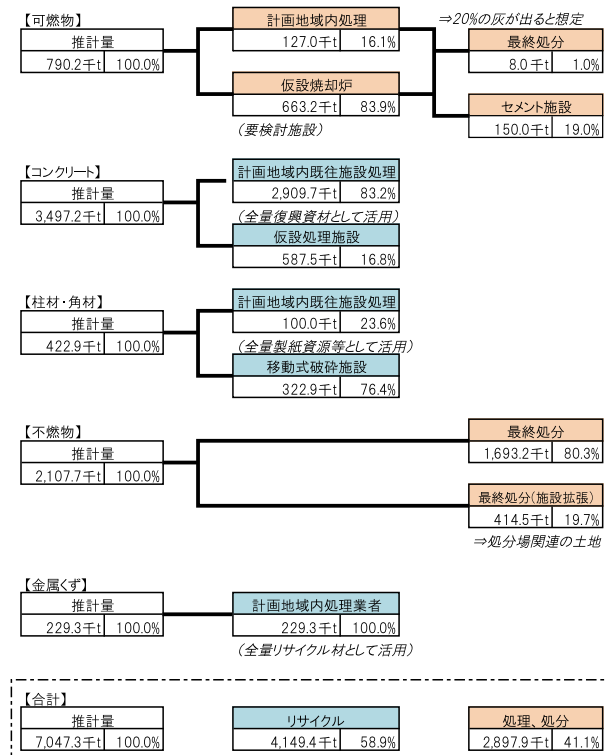


図-6 処理処分先別の計画処理量
Fig. 6 Planned amount of waste disposal by disposal method

可燃物は、可能な限り計画地域内清掃工場及び民間焼却炉を利用し、それ以外のものを仮設焼却炉にて焼却することとし、現状では、広域処理は考えないこととした。なお、焼却から発生した灰は、セメントの資源として可能な限り資源化することとし、残りを埋立処分することとした。

コンクリートは、計画地域内の既往破碎処理及び仮設処理施設で破碎後、全量復興資材として活用するこ

ととした。柱材・角材は、木くずからマテリアルリサイクル可能なものと定義し、それを製紙工場、バイオマスプラント及び木質ボードとして再利用することとした。

不燃物は、平成24年度時点での最終処分場の残余量を計画地域内処理量とし、それ以外のは、最終処分場の拡張分にて対応することから、復興資材としての活用は考えない。金属くずは、全量リサイクル材として活用する方針とした。図-7には発生量に対する施設種類ごとの処理割合を示す。

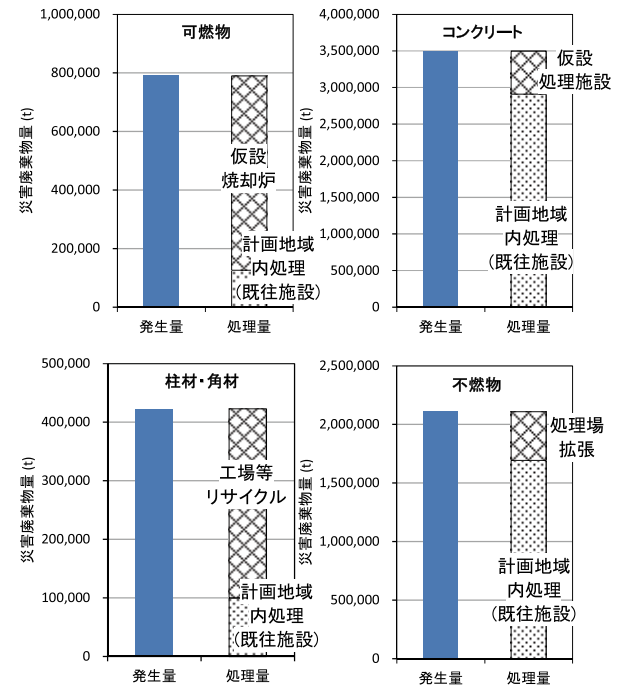


図-7 施設種類別の処理割合
Fig. 7 Disposal rate by kind of facilities

3.4 1次仮置場の抽出

1次仮置場は、被災現場の災害廃棄物を速やかに撤去するために設けるものであり、2次選別の前処理を行う場でもある。本処理計画では、1次仮置場における災害廃棄物の保管基本形状を、高さ5m、法面勾配1:2.0、敷地境界との余裕幅5mとし、災害廃棄物発生量から仮置場に必要となる面積をそれぞれの地域ごとで算定した。1次仮置場の選定場所は市所有地と公園とし、市所有地は面積1haを超える箇所、公園は市内公園で主に1ha以上の箇所、自衛隊の活動拠点、仮設住宅可能用地及び雪堆積場等は除く箇所とした。

1次仮置場候補地の面積及び分布図を表-7、図-8に示す。

1次仮置場の候補地として240箇所を抽出したが、G地域、I地域で1次仮置場の必要面積が不足する結果となった。ただし、今回の処理計画においては、G地域はH地域、I地域はJ地域の仮置場を活用するこ

表-7 各地域ごとの1次仮置場面積
Table 7 Area of primarily temporary storage site in each ward

地域名	箇所数	候補地 面積(ha)	必要 面積(ha)
A地域	20	58	36
B地域	30	51	50
C地域	37	59	13
D地域	13	33	14
E地域	14	27	13
F地域	36	61	10
G地域	20	4	28
H地域	22	75	8
I地域	35	13	25
J地域	13	53	12
合計	240	434	209

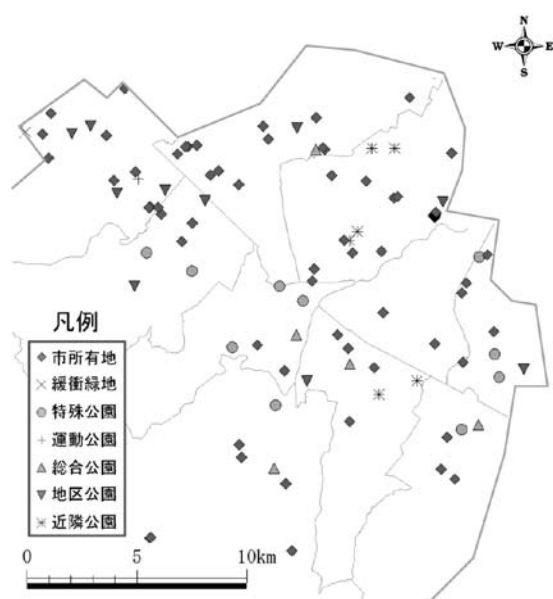


図-8 1次仮置場候補地分布図
Fig. 8 Distribution map of candidate sites for primarily temporary storage sites

とで仮置きが可能と判断し、計画地域全体では1次仮置場の不足はないとの結論を得た。

3.5 2次仮置場の抽出

2次仮置場では、1次仮置場で選別できなかったものを、破碎選別することで、再生資材を抽出し、さらに、その他の災害廃棄物を可燃物及び不燃物に分類し、それぞれの性状に見合った処理処分先に搬出する。

2次仮置場に求められる機能としては、リサイクルや適切な処理が行えるよう、混合状態の災害廃棄物を選別する選別機能、受入れ先の品質に合わせて災害廃棄物を処理（不足する廃棄物処理施設については、移動式のコンクリートがら破碎機、木くず破碎機等の仮設処理機を設置して処理）する処理機能、生活環境保全上の支障が生じる廃棄物の早急な移動及び1次仮置

場から災害廃棄物を移動するまでの保管機能を備える必要がある。

2次仮置場は、破碎選別施設や破碎選別前後の災害廃棄物を仮置きするため、可能な限り広大な土地が適している。さらに、津波を伴う海溝型地震の場合、大量の津波堆積物が発生し、それを復興資材として活用する必要がある。復興資材は、生産時期と復興事業としての活用時期が異なるため、長期間保管する必要がある。

本処理計画においては、現状で使用できる可能性が高い最終処分場に関わる土地を2箇所（計約64 ha）を選定した（図-9）。

本計画地域には、広大な最終処分場用地が確保されていたため、2次仮置場を賄えたが、通常、多くの自治体では、最終処分場は慢性的な不足状態にある。したがって、2次仮置場の選定においては、運動公園、自然公園、河川敷、港湾施設等の他、広大な民有地等についても利用可能性について調査することとなる。

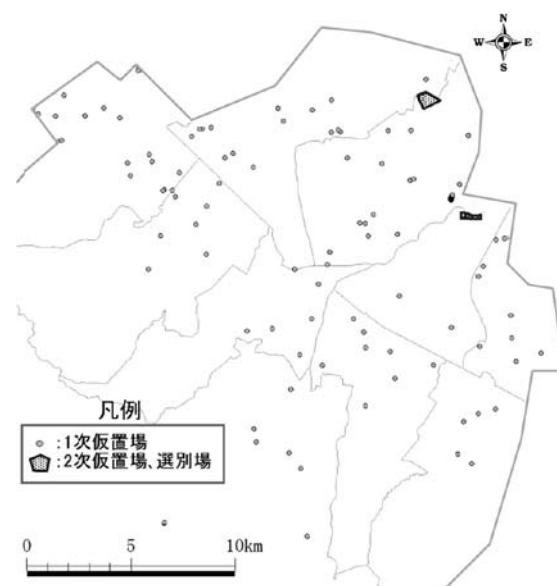


図-9 2次仮置場候補地分布図
Fig. 9 Distribution map of candidate sites for secondary temporary storage sites

3.6 運搬ルートの検討

3.6.1 運搬ルート及び必要トラック台数の検討

災害廃棄物は、被災現場から1次仮置場、2次仮置場、処理処分先へと順に運搬される。この際、運搬ルートも被災している可能性があり、迅速に運搬するためにルートを選定する必要がある。また、最終的な処理処分を考慮し、できる限り短距離の移動で効率よく各地域の災害廃棄物を仮置場に運搬することが求められる。

本処理計画においては、計画地域内で処理を完結させるため、災害廃棄物を陸上運搬する計画とし、運搬

ルート及び必要車両台数の検討を行った。

運搬ルートは、1次仮置場→2次仮置場→処理処分先の各経路を選定し、距離を計測した。選定時の考慮事項は、①地域ごとの廃棄物量や処理量、②道路の想定影響度とした。①については、各地域で発生する廃棄物量を2次仮置場の選別処理能力及び処理処分先の機能に応じて分配した。また、②については、T断層に起因する地震による影響度が「極めて大規模な被害が発生する可能性があり、復旧にも長期間を要し、緊急輸送に重大な影響が発生する可能性がある区間」と想定されている区間を除き、市街地を迂回するように検討した。各ルートの距離は、GIS (Geographic Information System) により計測した。

次に、各運搬ルートの距離と運搬量を用いて運搬車両台数の概略検討を行った。検討条件としては、①運搬期間は約2.5年間、稼働日数は約625日とする、②運搬機種はダンプトラック10tとする、③ダンプ1台の作業能力は、土木工事積算基準より求め、単位体積重量(災害廃棄物:0.8 t/m³, 2次仮置場における選別後運搬物:0.3~1.5 t/m³)に応じた補正を行う、④DID区間については、「DID区間:有り」とした。

検討の結果、災害廃棄物等の運搬には、最大721台/日のダンプトラックが必要となった。計画地域全域の産業廃棄物協会会員企業が所有する5t以上のダンプ台数は、合計113台であり、災害廃棄物等の運搬に必要な台数を満たしていない。しかしながら、計画地域全域の事業用ダンプトラック台数は、2,000台を超えていることから、他の協会に所属する車両も利用することで対応可能との結果を得た。

3.6.2 その他の運搬手段について

本処理計画では、全量計画地域内処理であったため、トラックによる陸送について検討を行った。

計画地域内の処理施設であれば、トラックによる陸上輸送が一般的であるが、セメント工場への大量輸送合や広域処理を計画する場合は、交通渋滞、近隣住民への騒音振動等の影響を考慮し、海上輸送を計画する場合が多い(図-10)。その場合は、2次仮置場を港湾施設の近傍に計画する等の配慮も必要となる。

また、広域域処理を行う際の輸送手段として、鉄道運搬を利用するケースもある(図-11)。

鉄道運搬を利用する理由としては、広域処理先の日



図-10 海上輸送
Fig. 10 Transportation by sea



図-11 鉄道輸送
Fig. 11 Rail transportation

処理量が少なく、少量ずつ処理物を遠方へ輸送する必要がある場合、経済性に優れている本輸送手段を採用することとなる。遠方での広域処理では、処理スピードを速める必要があることも想定されるため、鉄道運搬と前述の海上運搬の併用を計画する。

3.7 災害廃棄物の処理スケジュール

3.7.1 全体スケジュール

災害廃棄物の処理は、震災時の過去の事例より、概ね3年間で処理を完了することとなる(図-12)。

まず、生活環境に支障が生じる災害廃棄物を移動させ、その他の災害廃棄物や、解体により生じるものを順次1次仮置場に搬入し、2年以内には、1次仮置場から災害廃棄物を撤去する。最終的には2次仮置場の片づけ、用地返還を含め3年で処理計画を策定しなければならない。



東日本大震災発生 H23.3.11 災害廃棄物処理完了(目標) H26.3.31 概ね3年間
阪神・淡路大震災発生 H7.1.17 災害廃棄物処理完了(神戸市) 概ね3年間

図-12 災害廃棄物の目標撤去期限
Fig. 12 Target deadline for disaster waste removal

3.7.2 詳細スケジュール

本処理計画における、災害廃棄物の処理スケジュールを表-8に示す。本スケジュールは、東日本大震災における処理実績を基に、調整、契約、準備、設計、手配、発注、建設及び処理の実施までを網羅すべき事項をすべて抽出し、作成した実現性の高いものである。解体・撤去については震災直後から実施されるが、具体的な処理処分については、処理計画の策定、廃棄物の性状に合わせた破碎選別方法の選定、試験焼却及び関係機関等との調整を実施するため、震災発生から概ね半年後に開始とした。仮設焼却炉は、用地が確保さ

れば、環境影響調査、造成、建設工事及び試験焼却を終え、概ね1年後の稼働開始と計画した。

表-8 災害廃棄物処理スケジュール
Table 8 Schedule for disaster waste disposal

項目	経過時間(年)	震災発生						
		0	0.5	1	1.5	2	2.5	3
各種調整 (既設施設、最終処分場)	廃棄物処理先との調整	=====						
	委託業者選定・契約	=====						
仮設焼却炉	設計、建設、試運転	=====						
	生活環境影響調査	=====						
	焼却	-----						
	焼却	-----						
既設 焼却施設	市町村協議	=====						
	試験焼却(必要な場合)	=====						
焼却	焼却	-----						
	焼却	-----						
1次仮置場 2次仮置場 処理施工	契約 施工業者選定・契約	=====						
	金属くず、処理困難物等 回収業者選定手続き・契約	=====						
	解体・撤去 一次仮置場への搬入	-----						
	1次仮置場重機手配	=====						
	1次仮置場 選別指導、管理体制整備	=====						
	1次仮置場 1次仮置場選別開始	-----						
	2次仮置場 片づけ、返還	=====						
	2次仮置場 2次仮置場への搬入	-----						
	2次仮置場 各種事前整備、調整	=====						
	2次仮置場 破砕選別ユニット発注・設置	=====						
破砕選別実施	-----							
片づけ、返還	=====							

<凡例>
=====:調整、契約、準備、設計、手配、発注、建設 -----:実施

3.8 計画処理フローとその他検討事項

3.8.1 処理フローの作成

これまでの検討結果を、概略処理フローとして図-13のとおり整理した。発生する災害廃棄物の組成は、コンクリート、木くず、金属くず及びその他(残材)とした。

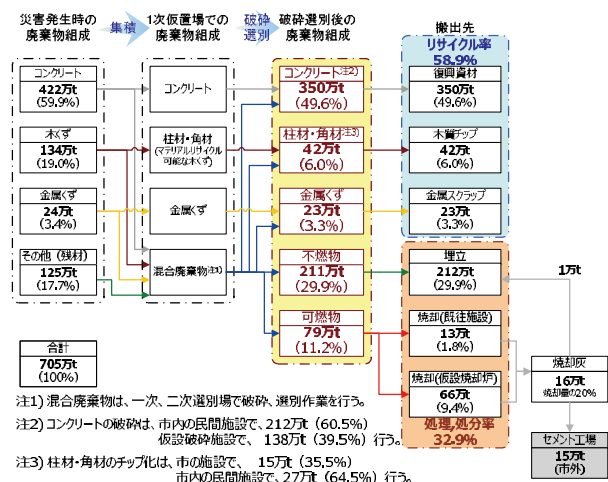


図-13 災害廃棄物の概略処理フロー

Fig. 13 Outline of procedure for disaster waste disposal

ただし、全壊状態であれば、ほとんどが混合状態であり、半壊状態であれば、ある程度解体時に現場分別が可能となる。そのため、本処理計画においては、解体時点の被災状態を考慮し、リサイクル可能な災害廃棄物を抽出できる量、すなわち、「選別率」を設定し、破砕選別後の災害廃棄物量を推定した。

本処理計画では、リサイクル率は概ね60%となる想定であり、不燃物は、復興資材化することなく全量埋立が可能であり、基本的には計画地域内処理で対応可能という結果となった。

3.8.2 その他検討事項

(1) 不燃物の復興資材としての活用

本処理計画では、現状の最終処分場残余容量から、全量埋立可能と判断した。しかしながら、大規模な震災はいつ発生するか明確ではないため、発災の時期によっては、最終処分場が不足するケースが想定される。

そのため、全体の約30%を占める不燃物を、復興資材として活用する計画を代替案として提示することとした。

不燃物を復興資材として復興事業で利用する場合、需給量のバランス、利用する時期及び要求品質を合わせることが難しく場合によっては復興資材の長期保管を強いられる。そのため、選別方法の工夫による品質の向上、ストックヤードの確保及び復興事業への積極的な活用等に注力し関係機関との調整を推進することとした(図-14)。

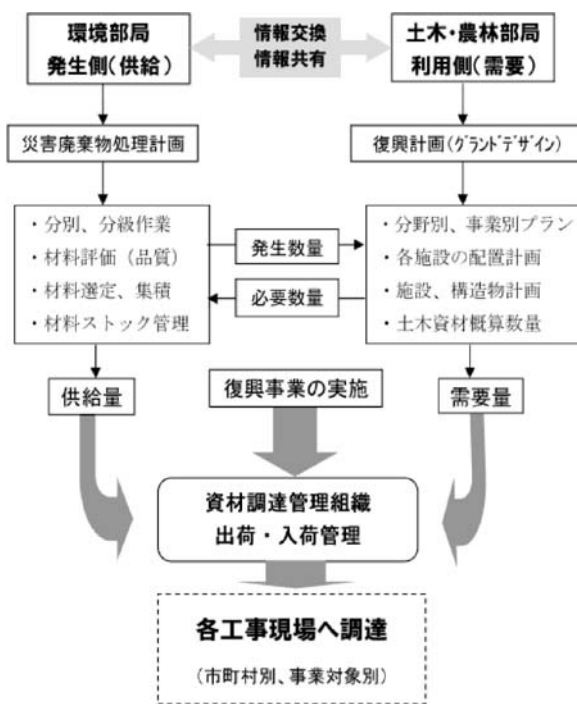


図-14 復興資材の活用に向けた調達管理フロー

Fig. 14 Procurement and management procedures for the use of reconstruction materials

(2) 情報共有システムの構築

災害廃棄物処理は、環境省の補助事業により実行されるため、処理進捗状況の報告が求められる。

そのため、市、施工監理業者及び処理処分事業者との情報の共有をはかる目的で、関係者のみでの情報共有システムの構築が必要となる。

本計画においては、東日本大震災での導入事例をもとに図-15に示すシステムの提案を行った。

①システム全体について

- ・システム構成は、Webサーバ（データベースを含む）に必要な資料やユーザ管理を行うためのシステムを導入する。
- ・URLを取得する。
- ・システムは、Webブラウザ経由で利用する（クライアントにインストールするプログラムは原則ない）。
- ・サーバ及び通信機器が故障した場合、復旧には1週間程度を見込んだシステムとする。

②システム（データ）管理について

- ・システムは、編集者（管理者）と閲覧者により利用区分を分ける。
- ・データの集約とアップロードは、施工監理業者が実施する。

③システム管理について（セキュリティ）

- ・管理者権限を持つ利用者のデータアップロードには、HTTPS接続並びに、ワンタイムパスワード接続により不正なアップロードを防ぐ。
- ・データの閲覧者は、HTTPS接続により暗号化されたアクセスを行う。また、月1回程度のパスワード変更により不正なアクセスを防ぐ。
- ・ホームページアクセスには、指定したドメイン以外のアクセスを防ぐ設定を行う。

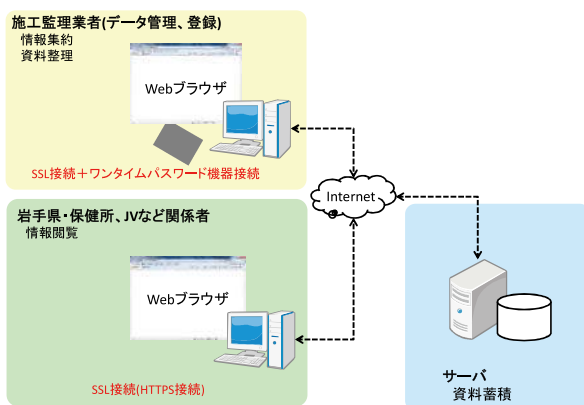


図-15 情報共有システムイメージ

Fig. 15 Schematic image of an information sharing system

効性の高い災害廃棄物処理計画を策定するといった考えは、東日本大震災以前にはほとんどなかった。

東日本大震災での経験から、事前の災害廃棄物実行計画の策定が、発災後の災害廃棄物処理をよりスムーズに行えるという考えのもと、災害廃棄物処理計画策定の流れを提案し、処理計画を策定した事例においては、下記のとおり結論を得た。

- ・災害廃棄物の組成を考慮した、処理計画を策定することで、具体的な処理処分先が選定可能となる。
- ・既往廃棄物処理施設の活用と仮設焼却炉の建設により、広域処理に頼ることなく計画地域内で処理が完結できる。
- ・十分な最終処分場の残余量が確保されているため、不燃物についても復興資材化することなく、全量埋立可能であり、概ね3年以内の処理が可能である。

災害廃棄物処理は、リサイクル率を向上することで、最終処分量を減少させる計画とすることが可能となるが、最も重要なことは、生活環境保全上の支障を除去し、早急に都市機能を回復することである。そのため、1次仮置場については、震災直後は各所に分散しているが、生活環境保全上支障が生じる場合や都市機能回復の妨げとなる場所については、速やかに2次仮置場に移動する必要がある。

本処理計画では、1次仮置場にもしばらくの間仮置きを続ける条件で計画策定を行ったが、阪神・淡路大震災の事例によると、1次仮置場の長期利用は、住民からの苦情等も多いことから、1次仮置場として長期間使用できるところと短期間しか利用できない場所を区分し整理する必要がある。さらに、復興資材活用時期の遅れによる、復興資材の長期保管を考慮した場合、2次仮置場のさらなる用地確保も課題となる。今後は、時間的な制約を考慮した仮置場の抽出について検討を加える必要がある。

また、日本における慢性的な最終処分場の不足を考えると、本事例は計画地域内で全量埋立処分できる特殊ケースであり、他の地域においては、事前に災害廃棄物処理計画を策定することで、ごみ処理基本計画等に新規処分場の建設を含めた最終処分場の残余量の適正管理を行う必要がある。これは、「廃棄物処理の観点から防災機能の強化をはかる」新たな事業領域の開拓につながり、生活環境の保全と防災の両立、地域防災計画を生かしたごみ処理基本計画の策定、被災地域内にある廃棄物処理施設の将来的な移設、地域圏構想による災害廃棄物処理の協定確立、民間産業廃棄物処理施設の活用、海面処分場の建設及び防災機能の付加等あらゆる方面から廃棄物問題をとらえることが今後求められる。

4. あとがき

今後の災害に備え、仮置場、収集運搬ルートを選定や災害廃棄物の処理施設等の能力を事前に検討し、実

参考文献

- 1) 高月紘, 酒井伸一, 水谷聡(1995): 災害と廃棄物性状—災害廃棄物の発生原単位と一般廃棄物

- 組成の変化一，廃棄物学会誌，Vol. 6, No. 5,
pp. 9 ~ 17
- 2) 島岡隆行(1995)：自然災害における災害廃棄物の発生特性と処理方策に関する調査研究，廃棄物学会誌，Vol. 6, No. 5, pp. 18 ~ 30

